

BME Automatizálási Tanszék és SOTE Kísérleti Kutató Laboratóriuma

Számítógépek és fiziológiai berendezések együttes alkalmazása
vérkeringés dinamikai vizsgálatokban

Szücs Béla és Monos Emil

1. Bevezetés

Az elmúlt években eredményesen alkalmaztuk a statisztikus rendszerelemző módszereket vérkeringés-dinamikai vizsgálatokra. Előzetes méréseink során megállapítottuk, hogy a vérnyomás és véráramlás hullámok sztochasztikus összetevői 10 perces nagyságrendű megfigyelési időben eredményesen tanulmányozhatók akkor, ha csak a lassabb, 0,2 Hz alatti frekvenciájú komponenseket vesszük figyelembe, s a pulzusszinkron változásokat kiszűrjük. (Szücs, Monos 1970). Bemenőjelnek tekintve a vérnyomást és kimenőjelnek a vénás véráramlást, egyszerű módszert dolgoztunk ki a mellékvese-keringés közelítő átviteli függvényének meghatározására. (Szücs, Monos, Csáki 1970). A szervezetet, mind rendszert érintő beavatkozások (idegátmetrészek, agyalapimirigy eltávolítás, véreztetés) jelentősen befolyásolták mind a keringési jelek statisztikus tulajdonságait, mind pedig az átviteli függvények paramétereit. A továbbiakban a keringési jellemzők pulzati hullámait vizsgáltuk. Megállapítottuk a pulzusszinkron összetevők statisztikai strukturáját és azt a megfigyelési időt, amely alatt standard kísérleti körülmények között a folyamat stacionáriusnak tekinthető (Monos, Szücs 1970, 1971). A megelőző vizsgálatok metodikája - a fiziológiai objektum (mellékvese) sajátosságai miatt is - kötöttségeket jelentett a rendszerjellemzők széles-sávu információ tartalmának értékelése szempontjából. Kíváncsnak látszott olyan kísérletsorozat tervezése és végrehajtása, amely lehetővé teszi a vérkeringési rendszer és alkalmas módon mérhető jellemzőinek sok szempontu quantitativ analizisét.

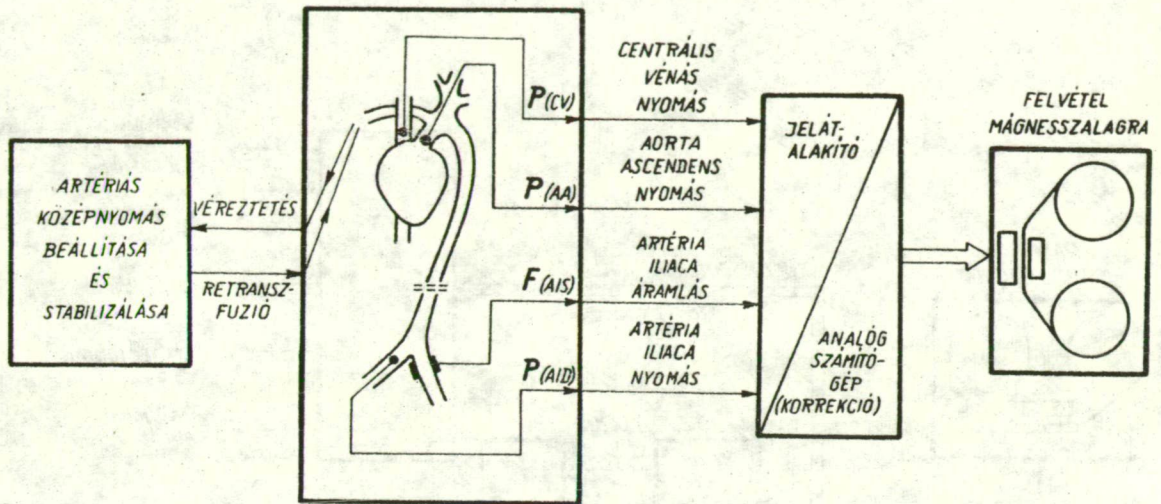
Célul tűztük ki olyan komplex mérő és adatheldolgozó technika összeállítását (Szücs, Monos 1971), amely lehetővé teszi

- 1) azonos kísérleteken belül a pulzusszinkron (elsőrendű) és a Traube-Hering-Mayer (harmadrendű) vérnyomás és véráramlás hullámok egyidejű, összehasonlító elemzését a jelstruktúra és a rendszerdinamika szempontjából,
- 2) a vérkeringési rendszer nem-lineáris tulajdonságainak kvantitatív elemzését,
- 3) a vérvesztéses shock-kal járó kórélettani változások analízisét a jelstruktúra és a rendszerdinamika oldaláról.

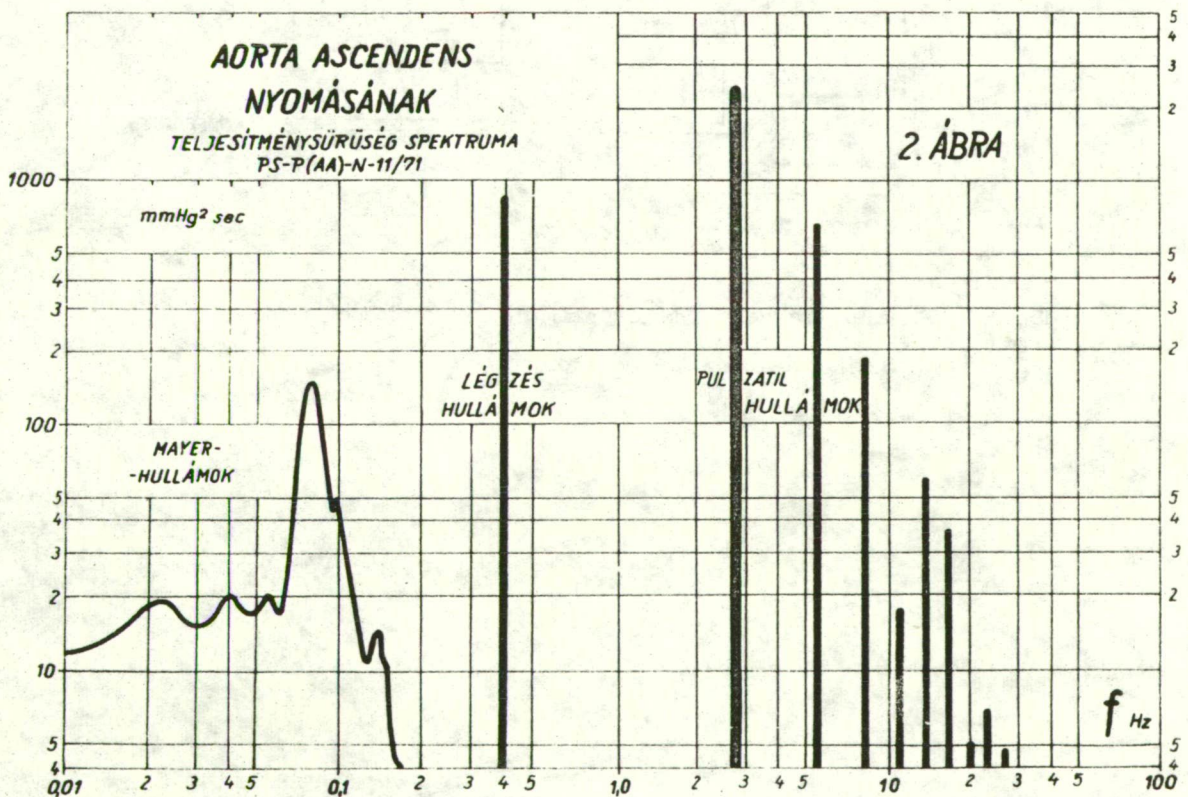
Jelen előadásban főként az 1. pont alatti vizsgálatokat kívánjuk áttekintően bemutatni.

2. A kísérleti módszer leírása

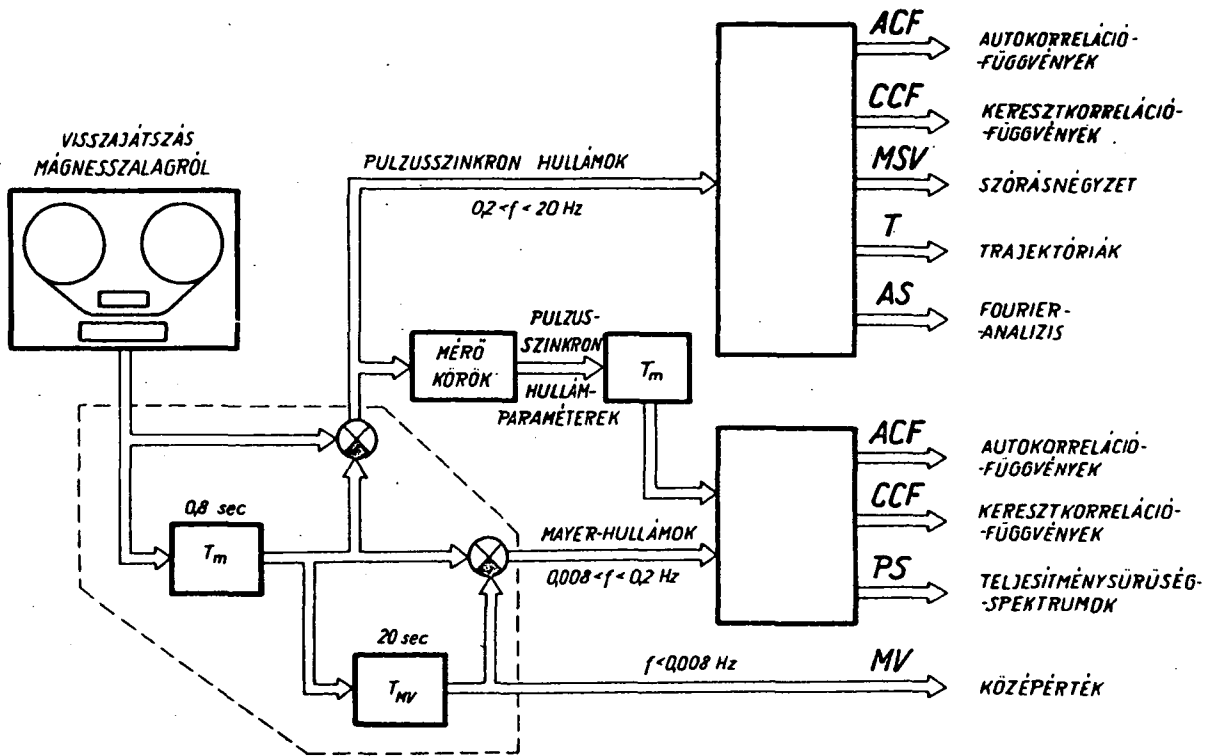
Kísérleteinket 12 chlorelóse-val altatott, flaxedillel immobilizált kutyán végeztük mesterséges lélegeztetés mellett. A kísérleteket két csoportra osztottuk: a keringési rendszer vizsgálata 20 Hgmm-kénti lépcsős hipotenzióban, ill. módosított Wiggers-féle véreztetési shock-ban. Mindkét esetben a rendszer vizsgálatát négy keringési jellemző megfigyelése alapján végeztük. Az aorta-ascendens, arteria iliaca és a jobb pitvar nyomását elektromanométerrel, míg az arteria iliaca véráramlását ultrahangos áramlásmérővel mértük. Az analóg villamos jeleket szinkronban regisztráltuk Hottinger mérőmagnetofonnal, ill. Alvar Viziograph-fal. Az artériás nyomás középszintjét pufferedény-rendszerrel stabilizáltuk (1. ábra). Az egyes nyomásszinteken a véreztetési tranziensek lezajlása után félórás méréseket végeztünk. Minden egyes jelet automatikusan három komponensre bontottunk. Ezt a folyamatot a 2. ábra alapján mutatjuk be, amely a vizsgált keringési jellemzők teljesítménysűrűség-spektrumának strukturáját mutatja. A spektrum az alábbi jól elkülönülő frekvencia tartományokra bontható: a pulzusszinkron (elsőrendű) komponensek 2 Hz felett, a légzésszinkron (másodrendű) hullámok 0,4 Hz középfrekvenciával és a vasomotorikus (harmadrendű) összetevők 0,01-0,2 Hz frekvenciatartományban. A jelek említett összetevők szerinti felbontását a 3. ábra hatásvázlata szerint végeztük Solartron analóg számológépen felépített program segítségével. Az elsődleges adatredukciót a négy jel három összetevőjén külön-külön végeztük el. A légzésszinkron összetevőket, megfelelően csillapítva, a harmadrendű hullámok értékelésekor, ill. a pulzatil komponensek vizsgálatakor vettük figyelembe. A primer adatredukció az egyes stabilizált artériás középnyomás szinteken kiterjedt a pulzatil komponensek auto- és keresztkorreláció-függvényeinek, varianciájának, trajektória görbéinek meghatározására és a komponensek Fourier-analízisének elvégzésére,



1. ábra A vérkeringési jellemzők mérésének és regisztrálásának elvi vázlata



2. ábra Aorta ascendensben mért vérnyomás teljesítménysűrűség-spektruma (11. kutya, normotenziós szakasz)



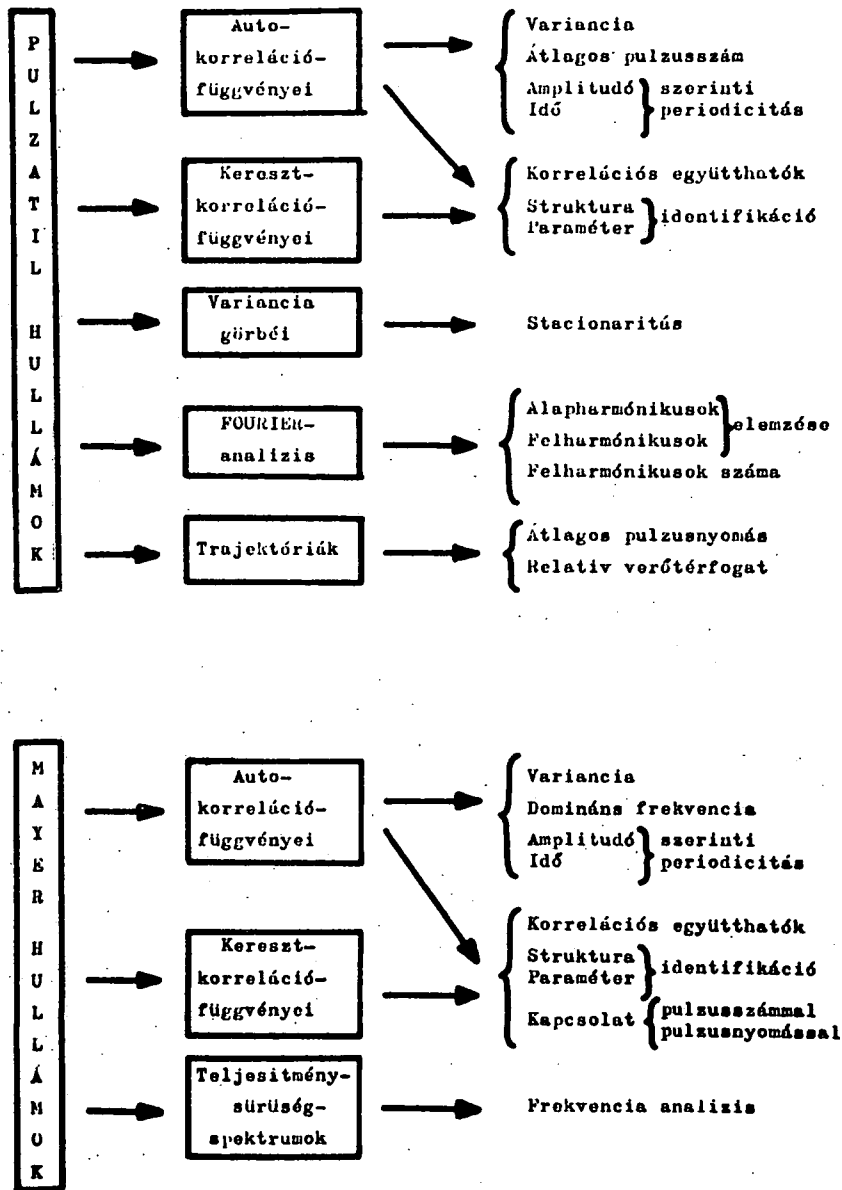
3. ábra A jelek frekvencia-sávok szerinti felbontásának és a statisztikus jellemzők meghatározásának elvi vázlata

míg a harmadrendű összetevők esetében az auto- és keresztkorreláció-függvények, továbbá a teljesítménysűrűség-spektrumok meghatározására. A pulzusszinkron keringési hullámok statisztikus kiértékelésekor 20-szoros időkompressziót alkalmaztunk, azaz a felvételek lejátszása huszszor gyorsabban ment végbe, mint a jelek rögzítése. A harmadrendű hullámok statisztikus jellemzőinek meghatározásakor az időkompresszió ennél nagyobb, 320-szoros volt. Az elsődleges adatredukció kapcsán nyert statisztikus jellemzőkből további olyan jellemző függvényeket, ill. adatokat határoztunk meg, amelyek közvetlen fiziológiai következtetések levonására is alkalmasak lehetnek. A legfontosabbnak tartott rendszerjellemzőket a 4. ábrán táblázatosan foglaltuk össze, amelyeknek paraméterei, állapotjellemzői a keringési rendszeren beállított artériás középnyomás értékek voltak. Az artériás középnyomás értékek a vizsgálatok első csoportjában a következő szakaszokba sorolhatók: normotenziós szakasz, lépcsős hipotenziós szakasz (150-70 Hgmm között Hgmm-kénti lépcsőkben), valamint a retranszfúziós szakasz.

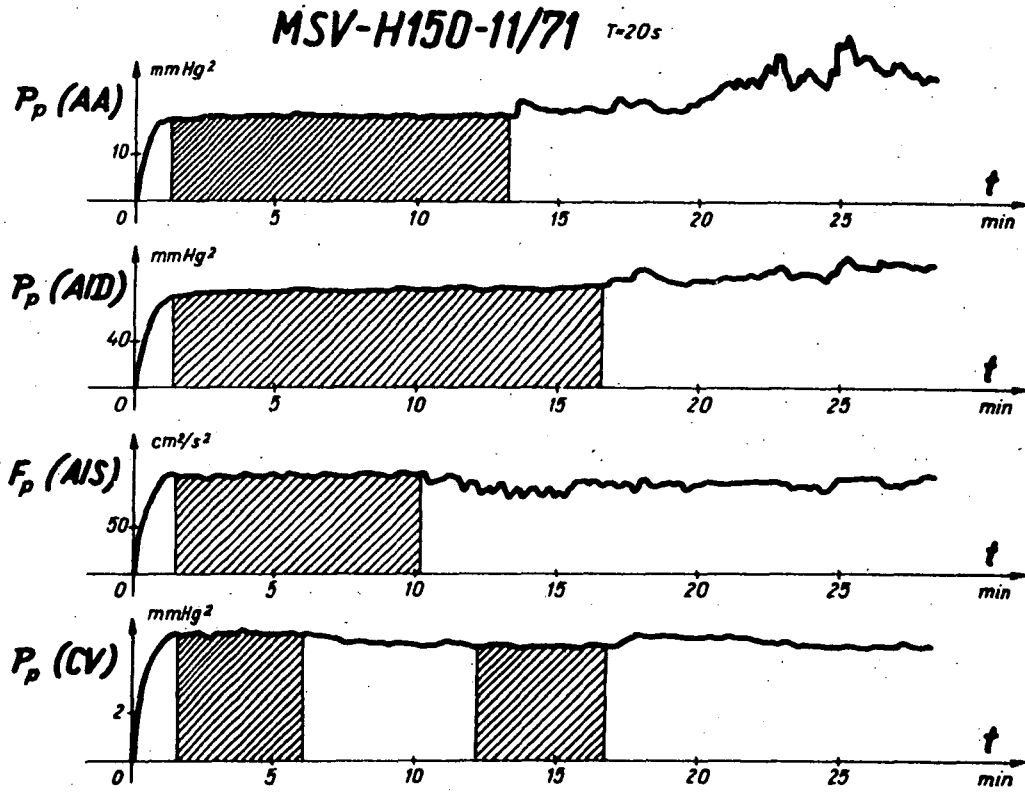
A pulzatil hullámok stacionaritását a folyamatosan 20 sec-ra számított variancia görbék alapján értékeltük, s választottuk ki az identifikációs vizsgálatokhoz a stacionernek tekinthető szakaszokat (5. ábra).

A pulzatil keringési jellemzőkből az autokorrelációfüggvények alapján határoztuk meg a pulzatil hullámok varianciáját, a megfigyelési idő alatti átlagos pulzusszámot, valamint a jelek amplitudó szerinti, ill. időbeli periodicitásának mértékét. Az auto- és keresztkorreláció-függvények együttes felhasználásával képezhetők a korrelációs együtthatók, ill. végezhető el a rendszer szakaszainak pulzusszinkron identifikációja mind struktúra, mind paraméterek vonatkozásában. A pulzusszinkron hullámok Fourier-analízise lehetőséget ad az alap-, valamint a felharmonikusok viszonyának összehasonlítására a különböző nyomásszinteken, ill. a jelentősebb súlyú felharmonikusok számának meghatározására. A trajektória-görbék alapján - amelyek az egyes pulzatil jelpárok dinamikus hiszterézis görbéinek tekinthetők -, határozzuk meg az átlagos pulzusnyomást, valamint az arteria iliacaiban a relatív verő-, ill. perctérfogat értékeket.

A Mayer-hullámok frekvenciatartományában vizsgáltuk a keringési hullámok varianciáját, átlagos domináns frekvenciáját, továbbá amplitudó-, ill. idő szerinti periodicitását az autokorreláció-függvények alapján. Az auto- és keresztkorreláció-függvényeket felhasználva képezhetők a korrelációs együtthatók, továbbá vizsgálhatók a pulzatil hullámok jellemző paraméterei - mint pl. a pulzusnyomás vagy a pulzusszám - és a harmadrendű hullámok közötti összefüggések. Korábbi vizsgálatainkhoz kapcsolódik (Monos, Szücs 1970, Szücs, Monos, Csáki 1970) a harmadrendű hullámok korreláció-függvényei alapján végzett struktúra és paraméter identifikáció. A harmadrendű hullámok teljesítménysűrűség-spektrumai



4. ábra A statisztikus adatredukció eredményeiből származtatott rendszerjellemzők összefoglalása



5. ábra A 12. kutyán 150 Hgmm középnyomás szinten mért pulzatil komponensek folyamatosan 20 sec-ra átlagolt variancia (szórásnégyzet) görbéi. A ferdén vonalazott tartományokban a jeleket stacionáriusnak tekintettük.

alaján értékelhetők e jellegzetesen statisztikus természetű jelkomponensek diszkrét összetevői a nyomásszint függvényében. A vizsgálatok során lehetőség nyílt a rendszer nemlineáris tulajdonságainak statikus és dinamikus jellemzésére is. Statikus jelleggörbével írható le páronként a jelek középértékének összefüggése. Dinamikus jelleggörbéket alkotnak: a) a pulzus-szinkron jelek páronkénti variancia értékei, b) a pulzatil átlagamplitudók összefüggései az egyes nyomásszintekkel - azaz a rendszer működését jellemző munkapontokkal - parametrizálva.

A teljes kísérleti anyag feldolgozásához 12 kutyán regisztrált mintegy 650.000 szívciklus adatai állnak rendelkezésre. A bevezetésben említett első cél eléréséhez, melynek vizsgálati módszereivel az előadás foglalkozott, két kutyán regisztrált közel 80.000 szívciklus adatait kellett feldolgozni. A primer adatredukció, azaz a statisztikus jellemzők meghatározása, mintegy 800 korreláció-függvény, teljesítménysűrűség-spektrum és egyéb jellemző meghatározását igényelte. A munka volumene szükségesé tette analóg és digitális technika ökonomikus alkalmazását. Pl. a korreláció-függvények meghatározását real-time korrelátoron végezve és tekintetbe véve az alkalmazott időkompressziót, egy 30 perces mérési szakasz alatt rögzített jelsorozat bármely korreláció-függvényének meghatározásához, beleértve a függvény analóg és számjegyes kiírását is, 4-5 percre volt szükség.

Nem volt célunk, hogy e helyen részletesen beszámoljunk a kísérletes vizsgálatokról, ill. a felvázolt kiértékelési módszerek technikai problémáiról. A vizsgálat eredményeinek bemutatása, azok fiziológiai hátterének elemzése további közleményekben kerül ismertetésre.

I R O D A L O M

Szücs, B., E. Monos: Circulatory System Analysis by a Stochastic Method Using an Analogue Correlator. Bio-Medical Computing 1. (1970) 87-102.

Szücs, B., E. Monos, Csáki F.: On a Method for Identification of the Cardiovascular System. 2nd Prague IFAC Symposium (1970) 11.5. 1-7.

Сяч В., Момеш Э.: О статистических исследованиях процессов системы кровообращения. Идентификация и аппаратура для статистических исследований. Москва, Изд. Наука /1970/ 80-84.

Сяч В., Момеш Э.: Совместное применение вычислительных машин и физиологической аппаратуры в динамических исследованиях кровообращения.

Monos E., Szűcs B.: Korrelációfüggvények alkalmazása a vérkeringési rendszer analizisében. Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában c. kollokvium anyaga, Szeged (1970) 35-39.

Monos E., B. Szűcs.: Statistical Nature of Pulsatile Blood Pressure Waves Studied by Correlation Function in Dogs. XXV. International Congress of Physiological Sciences, München, 1971. Proc. IUPS IX. 401.